

世纪的呼唤：新的农业科技革命

——农业部科技委委员论文汇编

农业部科技委办公室编印

一九九七年九月 北京

世纪的呼唤：新的农业科技革命

——农业部科技委委员论文汇编

农业部科技委办公室编印

一九九七年九月 北京

前 言

本世纪三十年代以来，一场以育种技术和农用化学技术为主导的“绿色革命”，带来了世界农业在六十至八十年代的飞跃发展：世界粮食单产和总产大幅度提高；发达国家基本实现了现代化；发展中国家基本解决了吃饭问题；世界农业正开始由传统资源型向现代科技型转变。最近十多年来，科学技术飞速发展，生命科学和信息技术相继取得重大突破，并加快了在农业领域的应用，引起了农业科技在内容、结构、体系等诸方面的深刻变化，为农业科学技术的突破性发展开辟了广阔的前景。世纪之交的今天，农业科学技术已经进入了划时代的发展阶段，一场全球性的新的农业科技革命已经拉开序幕。

这场新的农业科技革命，对实现我国传统农业向现代农业的转变、缩小我国农业科技与世界发达国家的差距，无疑提供了一次难得的历史机遇。我国既不同于发达国家，也不同于某些发展中国家，因此，我国农业科技的发展，要立足国内，面向世界，坚持自主研究与技术引进相结合、高新技术与传统技术相结合、重点突破与全面推进相结合，走“渐进”与“跳跃”并举的发展路子。

为研究和探讨我国新的农业科技革命的战略，今年三月，农业部科技委组织开展了以“绿色革命”和“新的农业科技革命”为题的论文征集活动。截止到八月底，共收到论文 42 篇（其中包括特邀专家论文 5 篇）。这些论文，分析了“绿色革命”的成功经验和历史教训，研究探讨了我国新的农业科技革命的内涵、目标、任务、实现途径等重要内容，涉及“绿色革命”和农业新技术革命、科学研究、精确农业、体制改革、高新技术及其产业化、可持续发展等重要方面，为我国农业科技革命的战略决策提供了科学依据。新的农业科技革命是一场前所未有的革命，对它的研究还要不断深入、不断充实。我们希望这本论文集能够成为科技委对农业科技宏观决策研究的良好开端，成为我国农业科技革命理论研究的奠基石。

科技委办公室
一九九七年九月

“绿色革命”与农业新技术革命

目 录

前 言

“绿色革命”与农业新技术革命·

新的农业科技革命与我国农业的发展·····	石元春 (1)
对“必然要进行一次农业新科技革命”的几点认识·····	卢良恕 (7)
走向 21 世纪的中国呼唤新的农业科技革命·····	程 序 (11)
对新的农业科技革命的目标和内容的认识·····	朱希刚 (20)
国际上“第二次绿色革命”动向及对我国的启示·····	孙其信 (23)
从绿色食品看我国第二次绿色革命·····	李里特 (28)
关于新的农业科技革命的初步思考·····	闵绍楷 (33)
新的农业科技革命与我国农业发展·····	邓秀新 (36)
新的农业科技革命与下世纪初的北京农业·····	张燕丽 (39)
从黄淮海地区农业发展看新的农业科技革命解决的突出问题·····	许越先 (46)
动植物检疫与绿色革命·····	于大海 (50)

· 科 学 研 究 ·

可持续发展战略对农业科学研究的影响——植物育种研究的发展方向·····	张世煌 (55)
种子工程与新的农业科技革命·····	傅廷栋 (61)
新的农业科技革命与水稻超高产育种·····	陈温福 (64)
21 世纪中国水稻持续增产的途径与关键技术·····	应存山 (70)
分子农业与第二次绿色革命·····	贾士荣 (80)
畜禽主要经济性状(肉、蛋、奶)的遗传改进与育种新技术·····	吴常信 (83)
兽医科学研究的现状与发展前景·····	陈溥言 (89)
作物遗传改良是农业科技革命的主攻方向·····	戴景瑞 (93)
消灭口蹄疫,发展畜牧业,增加新的出口创汇·····	谢庆阁 (96)
加强渔具渔法选择性研究,减少兼捕和混捕,保护渔业资源·····	周应祺 (99)
21 世纪我国果树业经营模式和技术探讨·····	沈兆敏 (105)
浅谈我国植保科技现状及 21 世纪初的发展战略·····	郭予元 (109)
我国特种经济动物养殖业在新的农业科技革命中的地位·····	杨福合 (115)

浅谈微生物与第二次绿色革命

- 生物固氮与极端耐盐细菌在我国西北地区的开发和利用 杨苏声 (118)

· 精 确 农 业 ·

- 农业产业化与精细化：21 世纪中国农业科技面临的两大命题 王 韧 (121)
“精准农业”及其在我国的应用前景 金继运 (126)
“精确农业”研究的发展与新的农业科技革命 汪懋华 (131)

· 体 制 改 革 ·

- 大力深化科技体制改革、积极推进新的农业科技革命 钱志林 (141)
深化农技推广体制和运行机制改革，推进新的农业科技革命 刘松林等 (144)
加强农民教育，迎接新的农业科技革命 李美同 (151)

· 高新技术及其产业化 ·

- 发展生物技术，促进作物育种科技革命 辛志勇等 (155)
促进生物技术的发展，提高动物生产水平 陈永福 (160)
我国微生物肥料高新技术的发展及其产业化的对策和建议 葛 诚 (164)
生物高新技术的进展及海南生物技术发展的构思 余让水等 (171)
实施畜牧业科技革命，推动养猪产业化工程 熊远著 (177)
新的农业科技革命促进棉花产业化和综合利用，确保棉花高效持续发展 ... 汪若海 (184)

· 可 持 续 发 展 ·

- “农业—粮食—环境”是新的农业技术革命的基本主题 陶 战 (189)
21 世纪我国农业可持续发展的战略架构
——中国与美国、以色列农业发展的比较与思考 朱钟麟 (193)
中国农业可持续发展的水危机及其对策和变革 张启舜等 (199)
发展农业高效节水技术，迎接新的农业科技革命的到来 康绍忠 (206)
根据可持续发展战略发展我国水产养殖业 杨丛海 (211)

新的农业科技革命与我国农业的发展

石元春

中国科学院院士、中国工程院院士、农业部科技委委员

提要 简要回顾了全球第一次农业科技革命的意义和经历,论述了新的农业科技革命将产生的影响和特点,认为现代农业的特征和走势表现为:(1)强大的技术支撑和驱动;(2)农业生产领域的拓展;(3)农业生产组织的规模化,管理的企业化和生产的专业区域化;(4)高生产率和高效益;(5)走可持续发展道路。还描述了现代农业和农业生产经营组织形式以及现代农业与农业科技企业的关系,并呼吁抓住机遇,实现我国农业的跨越发展。

关键词 农业科技革命 农业发展

去年9月,江泽民同志在“星火计划”实施十周年的表彰大会上讲述我国农业发展问题时提出了“必然要进行一次新的农业科技革命”的科学论断,这将在我国农业发展上产生深远影响。本文就农业的技术革命与我国农业的发展谈一点粗浅体会和认识。

一、农业的第一次科技革命

18世纪以来,人类社会经历了三次技术革命。每次技术革命都是由于某一两项具有根本性和普遍带动意义的重大技术的突破,引发了一个新的技术体系的建立和推动起一次新的产业革命。如以机械为主导的第一次技术革命,以电力为主导的第二次技术革命和以信息为主导的第三次技术革命。三次技术革命和引发的三次产业革命将人类社会由农业社会推进到工业社会,创造了人类社会的现代物质文明。从事生物性生产的农业,其分散性和复杂性的行业特点影响了它对现代技术的吸收和应用。装有内燃机的拖拉机到本世纪初才出现,50年代初才在美欧较广泛应用。三次技术革命之所及,农业滞后于工业近200年。但是,农业的技术革命也有着自己的发展规律和历程。

民以食为天,农业是最古老的产业。它伴随人类社会,渡过了几千年自耕自食的自然经济时期,直到本世纪中叶才出现突破性进展。从本世纪初到1949年,世界粮食单产仅由每公顷930公斤提高到1000公斤,年平均增长1.4公斤,粮食总产的增加主要依靠扩大耕地面积。即本世纪上半叶的世界农业仍处在生产率、科技水平和发展速度很低的资源农业时期。1949到1988年,世界粮食单产由每公顷1000公斤提高到2499公斤,平均年增长39公斤,是前50年的28倍。而我国后40年粮食单产年均增长量是前50年的43倍,比世界同期高出近一倍。

据研究报道,科技对此期农业高速发展的贡献率在70%以上,作出贡献的主要技术是:良种、化学物质(化肥和农药)和灌溉,所占份额分别为3、4和2。这不得不使我们想到,上世纪的达尔文杂种优势理论和孟德尔遗传学理论及其推动下的现代育种方法和种子产业;德国化学家李比希的植物矿质营养学说及其推动下的化肥工业和现代施肥技术以及本世纪30年代缪勒开创的有机合成农药及农药工业。技术革命是以科学上的突破为基础和先导的,继而推动产业革命和带来生产力的跨越发展。马克思将达尔文学说作为十九世纪的

三大发现之一；认为李比希的新农业化学“比所有经济学家加起来还重要”；把科学看成是“历史的有力杠杆”和“最高意义上的革命力量”。邓小平同志发展了马克思主义的科技观，提出：“马克思说过，科技是生产力，事实证明，这话讲得很对。依我看，科技是第一生产力”。一个世纪来的农业和农业科技发展的历史证明了这个真理。

自 19 世纪 40 年代达尔文出版《物种起源》和李比希创立植物矿质营养学说以来，以育种技术和农业化学技术为主导的第一次农业科技革命，经历了一个世纪的科学和技术的孕育，才带来了本世纪中叶农业的产业革命和高速度的发展。

二、新的农业科技革命

在世界新技术革命浪潮的推动下，农业加快了科技革命的进程。本世纪中叶农业高速发展的同时，生物科学和技术取得了新的重大突破。1953 年，沃森发现遗传物质脱氧核糖核酸的双螺旋结构；1973 年，玻耶的 DNA 重组成功，开创了分子生物学和生物技术的新纪元。另一个重大突破是，50 年代初出现、80 年代大发展和 90 年代形成高潮的计算机和信息技术，开创了人类社会的信息化时代，对农业和农业科技以及各个传统产业和学科产生着越来越广泛和深刻的影响。此外，新材料与新能源、航空与航天以及自动控制等现代技术也加速了对农业的武装。仅三四十年的科学和技术的孕育，农业又拉开了以生物技术和信息技术为主体的新科技革命的序幕，它必将推动一个新的农业技术体系和产业体系的形成和将农业生产提升到一个新的高度。目前，我们只能从已经和近期将会发生的科技进展来窥视这场新的科技革命序幕的精彩图景。

农业是从事生物性生产的产业，生产的原材料即是生物体本身，因而育种技术始终占有重要位置。本世纪初开始建立和当今起主导作用的常规育种技术主要是利用有限的种内杂交优势。而现代生物学和生物技术的伟大之处在于突破了动物、植物和微生物之间的物种界限，极大地拓宽到整个生物界的种质优势的利用。目前，细胞和胚胎工程育种、分子标记技术、转基因技术等已趋成熟和在动植物育种中得到应用。季产吨粮的“超级稻”、日增重 1 公斤的“超级猪”等预计下世纪初能够实现。提高作物抗逆能力的基因工程育种已取得重要进展，抗花叶病烟草、抗黄矮病小麦、抗虫棉、耐贮运蕃茄等已用于生产，全世界进入田间试验的转基因植物近千例。家畜胚胎工程育种的超数排卵、体外受精、胚胎分割、性别控制和核移植已实现商业化，活体提取卵母细胞技术也趋成熟。常规育种技术选育优种牛需要十年八年，现在一代即可成功。转基因猪牛羊兔国内外已是多见，克隆羊轰动世界，动物生物反应器开创了生物制药业的新时代。当前，生物技术虽处发展初期，但它为人类进行生物遗传改良和育种展示了广阔天地，带来了新的希望和巨大潜能。生物技术与常规育种技术相结合，过去无法解决和不敢想象的，现在已经或可能成为现实。

在生物技术推动下，农/兽和动植物生长调节物等农业生物制剂技术也进入了一个新的阶段。出于保护环境和可持续发展需要，1992 年“世界环境与发展大会”提出生物农药占到农药使用量的 60% 的目标。但自 40 年代以来，因药效缓弱、持效期短和自身抗逆性差而生物农药长期得不到发展，现在，微生物重组技术构建的工程菌开辟了新径，带来了希望。同样，基因工程疫苗也将大大改进常规疫苗的弱点，生物反应器生产的疫苗，效率和效益可较常规方法高千倍以上。此外，猪和牛的生激素 rpGH 和 bST 等基因工程和发酵工程的动植物生长调节物等生物制品也将有新的发展，人类对动植物生长发育的调控能力大大提

高。

肥料是作物的“粮食”，化肥和平衡施肥技术的出现是第一次农业技术革命的产物和重要标志。但是，化肥的不当和过量使用，带来严重后果。目前我国单位面积的化肥使用量是美国和世界平均量的1.6倍，而氮素化肥的损失率高达45%，相当于年损失1000亿元以上和浪费大量能源，且造成环境的严重污染。在我国，提高化肥利用效率迫在眉睫。化肥经历了单质——复合——专用复合的发展过程，当今，向着控释化专用复肥和3S精确施肥方向发展。前者是现代农艺与工艺的结合；后者是农艺与信息技术（3S指遥感、地理信息系统和全球定位技术）的结合，是施肥技术的一场新的革命。淡水资源严重不足和节水是全球性，更是我国的重大课题。当今，农田节水由充分灌溉向非充分灌溉、畦灌向微灌、单一灌向肥药联用以及多种现代覆盖材料等方向发展和组成现代节水系统工程。正在迅速发展的设施农业，是以最小资源投入，在可控条件下，按工厂方式进行动植物生产，效率和效益可较大田提高5—10倍的高效集约型农业。它涵盖结构材料、环境控制、操作机具、自动控制、专用品种和栽培管理等多种系统，是现代农业技术和工程技术的集成。

农业是以土地为主要生产资料，从事生物性生产的产业。

因而存在生产规模小而分散，时空变异大，经验性强，量化规范化程度差，以及稳定性和可控程度低等行业性弱点。计算机和信息技术的出现，将全面改善传统农业的弱势。农业专家系统等智能化多媒体软件技术可明显提高农业和农业技术的量化规范化和集成化程度；数据库技术、网络技术和信息服务可以明显克服农业在信息获取和应用上的障碍；遥感、地理信息系统和全球定位技术等将对农业的生产环境和状况、自然和生物性灾害等进行有效的监测预报和宏观管理，提高农业的稳定性和可控程度。农业信息化是农业现代化的重要构成。

以生物技术和信息技术为主导的新的农业技术革命，渗透到农业技术和生产的各个方面和产生着深远影响，也冲击着人们的思想观念。它也将注入强大和新的活力，促进新的农业技术体系和产业体系的形成。

三、现代农业的特征和走势

现代农业是在以下四个要素趋动下逐渐形成的。一是新的农业技术革命浪潮的冲击；二是农业的可持续发展已成必然趋势；三是社会对农产品的新的巨大需求；四是经济的全球一体化。现代农业的特征和走势大体如下：

第一、强大的技术支撑和驱动。生物技术与常规育种技术的结合，使高产、优质和高抗的动植物新品种，如“超级稻”“超级麦”“特种玉米”“抗虫棉”“耐储藏茄”“超级猪”“优种牛”等不断涌现；新型生物性农兽药、生长调节物等将扩大对化学物的替代和取得更好效果；新一代施肥、灌溉和设施农业技术将高效利用和节约资源，保护环境，提高效益；新材料、先进制造和自控技术等将使农业机构和设施达到前所未有的水平；计算机和信息技术将促使传统农业的现代化。新的农业技术体系是现代农业的强大支撑。

第二、农业生产领域的拓展。现代农业将由动植物向微生物、农田向草地森林、陆地向海洋、初级农产品生产向食品、生物化工、医药、能源等多种产品生产方向拓展。单细胞蛋白、海洋农牧场、生物能源、农副产品综合和多层次开发、生物反应器生产多肽药物等都将成为农业新的生长点和蕴含极大潜力。传统的农业概念和内涵在改变，工农业界限

渐趋模糊。

第三、农业生产组织的规模化，管理的企业化和生产的专业/区域化。近40年来，美国的家庭农场由650多万个集中到260多万个，场均耕地面积由60多公顷扩大到170公顷。40%以上有家庭农场，70%以上的家庭牧场拥有计算机和进入各种网络。为提高经济效益和竞争能力，生产专业化和区域化及管理的企业化成为现代农业的重要特征和发展趋势。

第四、高生产率和高效益。发达国家农业从业人口不到5%；法美农民人均产粮和产肉分别为我国的50倍和100倍。近30年，美国农业投入的产出率指数由72上升到135，1990年的投入产出比为1:1.55。国土面积4万多平方公里、人口1500万和人均耕地只有0.06公顷的荷兰，农产品出口总值仅次于美国，人均创汇8万多美元而大大超过美国。农业生产条件很差的以色列，1991年出口创汇6亿美元，占出口总额的5.6%。高生产率和高效益以及后工业化社会人们对自然的趋近心理，现代农业越来越引起社会和一些投资者的关注。

第五、走可持续发展道路。有限的农业资源和日益增长的人口重负，农业资源的强度开发和现代技术成果的滥用，造成对水、土、大气、生物等资源和人类自身生存环境的严重破坏。可持续农业是为保持人与自然的协调发展，保持人的需求与生态环境良性循环的一致性。这就要求提高对光温水肥能的高效利用，寻求最佳的物质/能源投入产出模式以及减少和防止对环境和生态的污染和破坏。

四、现代农业和农业的生产经营组织形式

先进的农业生产经营体制是推动现代农业生产和吸收应用先进技术的组织保证和基础。发达国家的农业生产经营组织始终保持以家庭农场或农户为其基本形式。现代农业相当发达的美国，在讨论21世纪的美国农业时，专家们认为，家庭农场仍将是农业的主要生产经营形式。欧洲诸国和日本以农户为基础，生产规模虽小，但有多种多样的合作组织和与农业协会、专业公司、行业委员会等上层经济组织相结合，以提高经济效益和竞争能力，减少市场风险。我国50年代初的土地改革，使耕者有其田，极大地调动了农民的生产积极性。但在解决生产规模和提高生产率中出现的人民公社，严重挫伤了农民的积极性，破坏了农业生产力的发展。70年代未实行家庭联产承包责任制，重新激发了农民的生产热情，生产力再次得到解放。从我国和发达国家农业所走过的道路说明，农业生产的自身特点，决定了劳动者与劳动对象和生产资料的不可分割性，即农民与土地的不可分割性。保持生产者与土地使用者的一致，是传统农业，也是现代农业的基本原则和经验。

但是，随着社会和经济的发展，特别是在激烈的市场竞争中，规模小而分散的农户和家庭农场暴露了他们在资金、现代技术应用、经济效益和市场竞争中的弱势。美国的农场主联合会，欧洲诸国和日本在农户基础上的各种合作组织和上层经济组织正是适应形势发展需要而组合成的新的生产经营形式。我国农户生产规模更是小散，经济底子极薄，农民素质又低，寻求一个适应我国国情的农业生产经营的组织形式已成为我国向社会主义市场经济体制转变和发展农业的紧迫任务。中央提出的，家庭联产承包责任制基础上的“双层结构经营”为此指出了一条明径。

近年来。我国各地出现了农民兴办的专业技术协会、专业合作社、股份合作社等多种

形式的农村合作和经济组织。特别是按产业化方式组织的种养加、产供销和贸工农一体化的，形式多样的生产经营组织，如广西的糖、云南的烟、山东的菜等，以公司加农户的模式，生机勃勃地在许多省市发展起来。其实质和共性是以市场为导向，以产品为龙头，以农户为基础，以公司等形式，把分散的个体农户组织为贸工农一体化的生产经济组织和利益共同体，故可称之为“农户+X”的农工贸一体化模式。它可以扩大资金来源；可以使农产品多次增值和提高经济效益；可以增强吸收应用科技的能力；可以引导农民进入市场和提高竞争力；可以促进农村劳动力转移和加快城乡一体化进程。这种生产经营组织形式，可大可小，可紧可松，可高可低，可分可合，在向社会主义市场经济体制转变过程中，具有很强的适应和应变能力。它将是继家庭联产承包责任制以后，农村生产力的又一次解放和推进我国农业现代化进程的新型的农业生产经济组织。

五、现代农业与农业科技企业

科学和技术是现代农业的强大支撑和驱动。发达国家农业拥有先进的科学技术，农业发展中的科技贡献率和转化率都在70%以上。在我国，发展农业要依靠科技已成共识，但科技成果转化率不到40%。也就是说，国内的许多科技成果尚未用于生产，如果需要国外先进技术也可以引进，而“瓶颈”是如何提高科技的转化率。

农业生产的分散性和生物性生产的区域性，决定了农业必须有一个强大的、对科技成果进行区域性检验和推广到农户的体系。本世纪初的美国赠地法规定各州立大学同时建立机构，承担农业推广任务。欧洲国家和日本等都有各种形式的农业推广组织。50年代开始，我国也建立了全国性的省地县乡四级农业推广网。农业推广组织对促进本世纪各国农业的科技进步和发展生产上建立了卓越功勋。

传播先进技术，推动农业科技进步的另一支力量是农业科技企业。化肥和农药的生产、新成果的转化和品种的更新换代主要是通过公司实现的。从40年代前的无机物和天然植物农药到有机合成农药；从有机磷到高效低毒的拟除虫菊酯；从化学农药到生物农药，农药公司既担负对大学和研究所新成果的转化开发，自身也是很强的新成果的研究者。1990年世界农药销售额234亿美元，拜尔等世界10大公司占76%，他们的年研究开发经费达20多亿美元。杂交玉米对世界粮食产量的跨跃增长发挥了重要作用。比尔在上世纪末提出利用玉米品种间杂种 F_1 的可能性后，1926年，沃莱斯创办了世界第一家杂交玉米种子公司，即现在年销售额13亿美元，占有美国杂交玉米种子市场的42%和为世界22%的杂交玉米种植面积提供杂交玉米种子的先锋种子公司。该公司在全球有100多个研究所和300多万块试验地，年研究经费1亿多美元。泰国正大集团曾占有我国30%以上的饲料市场。

这些农业科技企业，集科技生产经营于一体，资金雄厚，技术先进，机制灵活，营销手段有力，市场反应迅速，是一支充满活力的、科技成果转化应用的强大推进器。我们常提及美国农民只占人口的2%，但忽略了还有17%，近2000万人，以大大小小的公司形式为农户提供农业科技产品和服务。农业科技企业是现代农业的重要组成部分，是发达国家实现高科技转化率的重要因素。如果将区域性和事业型的农业技术推广组织比作“地方部队”，这些农业科技企业则是极富战斗力的“野战军”。

现代科技的发展，一改传统农业和农业科技的经验性，科技成果的量化规范化集成化以及物化和产品化程度越来越高。育种成果可通过种子（畜、禽、渔）产业转化；生物农

兽药和生长调节剂等生物技术成果以生物制品体现；平衡施肥技术可以物化为新型肥料；现代灌水技术和工厂化高效农业技术主要表现于设施产品；即使经验性很强的栽培、饲养、灌溉、病虫/疫病防治技术以及各类管理也将逐渐通过农业专家系统量化集成和物化为软件光盘。传播工具上，软件光盘和信息网络将越来越多地替代传统农业推广的口授笔传。科技成果，特别是高技术成果的物化和产品化已成趋势和必然，传统“农业推广”的内容、功能和组织正在发生深刻变化。新的技术革命引发的技术和生产体系的变革，以及市场经济和经济全球一体化的大趋势，越来越显示出农业科技企业的重要作用和强劲生命力。

在计划经济体制下，50年代开始建立的相当完整的四级农业技术推广网，对促进我国农业技术推广和农业生产发挥了重要作用。80年代，这些推广网“线断、网破、人散”，“社会化服务体系”建设步履维艰，农业科技产业更是幼弱无力。转化环节如此，转化率如何能高？新的农业技术革命及新的农业技术和生产体系的形成中，面对21世纪的我国农业推广系统，决不会是五六十年代的重复，而要寻求具有新的功能、方法和组织形式的农业推广系统。但是，有一点是肯定的，那就是在新的形势下，及时和大力促进农业科技企业的发展，无疑是一项识时务，把握机遇，突破科技成果转化“瓶颈”的一项重要战略选择。

六、抓住机遇，实现我国农业的跨越发展

新中国建立以来，我国粮食保持着7%的年均增长速度，以世界7%的耕地生产了24%的粮食和养活了22%的人口，这是举世公认的伟大成就。但是，我国人口多，人均资源占有量小，农业底子薄，生产规模和效率、技术水平和经营管理等均与发达国家相差甚远，实现我国农业的现代化是一个艰巨而漫长的过程。但是，我国也有幅员辽阔、资源和智力潜力厚实、以及良好的改革开放环境的优势。如果路数对头，办法有力，也能激发农业的跨越发展。人均资源占有量低可以科技对紧缺资源的替代；农业的产业化经营和在新的农业技术革命浪潮中突破科技成果转化的“瓶颈”，即可显著提高生产率和自我发展能力。

18世纪以来人类社会的三次技术革命和引发的三次产业革命，都带来了科技和经济的跨越发展。就近三四十年我国农业发展中，60年代初水稻的矮化育种和70年代杂交育种，分别使我国水稻产量提升了30%和20%；80年代推广地膜覆盖，至今每年约200多万公顷，增产20%以上，这些都是单项技术的“跨越”。如前所述，以育种技术和农业化学技术为主导的第一次农业技术革命，使世界和我国粮食年均单产成十倍地增长，这是技术革命带来的“大跨越”。现在，我们欣逢新的农业技术革命和我国向社会主义市场经济体制转换的时代机遇，如果我们抓住农业产业化经营和突破科技成果转化的“瓶颈”，我国农业是可能跨越发展的。

量变与质变，渐进与跨越是发展的一般规律。技术革命本身就是质变和跨越，而不是一般意义上的技术进步，它对产业也将是跨越性的推动。这种客观的发展不依人们意志为转移，重要的是人们去发现和认识这个过程本身和激发跨越的动因，善于抓住机遇，因势利导地实现跨越。当前，面对新的农业技术革命的时代机遇，作好三件事很重要。一是大力促进“农业产业化”经营，它将使农业生产获得新的解放和激发生产对科技需求的内因；二是在抓好常规技术的同时，将发展高技术提升到战略高度，“迎头”才能赶上，世界经济和技术竞争的焦点是“前沿高技术”；三是发展现代农业科技产业刻不容缓，它是现代科技和市场经济发展的必然，是新形势下提高我国农业技术成果转化率和贡献率的一把钥匙。

对“必然要进行一次农业新科技革命”的几点认识

卢良恕

中国工程院副院长、院士、农业部科技委委员

提要 本文深刻地阐述了 21 世纪农业科学发展的几个显著特点, 得出如下重要结论: 一是 21 世纪农业将出现第三次革命。其特点和内涵是: 在深入揭示生物生命奥秘的基础上, 通过农业科学与生命科学等学科的交融, 从深度与广度上大大推进农业科学的更新与拓展, 并以技术创新为先导, 促进新产业形成与发展。其中农业生物技术及其产品将是竞争激烈的领域。二是生物技术的发展及其在农业生产中的广泛应用将开拓新领域: 包括新物种塑造, 新快速繁育技术应用; 新农业工厂构建; 新人造食品和饲料生产; 新能源开发和向新的空间领域拓展。三是以“进行一次农业新科技革命”为契机, 强化研究开发、科技设施建设和人力资源开发等, 实现向“知识经济”、“智力经济”转变。四是新世纪的科学技术发展, 必然要带动农业科技振兴。中国作为一个大国, 必然不失时机地、有远见地把握进行一次农业新革命。

关键词 农业 科技革命 生物技术 “知识经济” 技术创新 新领域

一、科技进步正在加快工业经济向知识经济转变

20 世纪后半叶生命科学各领域所取得的巨大进展, 特别是分子生物学从微观角度揭示生命现象本质的突破性成就, 使生命科学在自然科学的各个领域引起了革命性的变革。很多科学家认为, 在未来的自然科学中, 生命科学要成为带头学科, 甚至预言下一世纪是生物学世纪。虽然目前对这些论断还有不同看法, 但毋庸置疑, 在下一世纪生命科学将继续蓬勃发展, 生命科学对自然科学所起的巨大推动作用, 决不亚于 19 世纪与 20 世纪上半叶的物理学。例如过去生命科学曾得益于引入物理学、化学和数学等学科的概念、方法和技术而得到长足的发展, 那么, 未来生命科学将以特有的方式向自然科学及其他学科进行积极的反馈与回报。当 21 世纪逼近的时候, 一些有远见的科学家、思想家与政治家将日益严重的诸多人类社会问题, 如人口、地球环境、食物、资源和健康等重大问题的解决, 莫不寄希望于生命科学与生物技术的进步, 各国也都积极作出迈向 21 世纪的科技发展战略决策, 特别是发达国家, 正在加快从工业经济向知识经济、向智力经济的转变。

二、面向 21 世纪农业科学的交融、更新、拓展与创新

以研究和掌握有生命的植物、动物和微生物生长发育规律为主体的农业科学(广义农学), 通过与现代生物学尤其是生物技术的交融, 在人工塑造新物种、构建栽培与养殖环境、开辟食品和资源利用新领域等方面, 将取得重大突破, 并形成一批新的生物技术产业群, 从而带来一场新的农业产业革命。生物技术的新发展表明, 农业通过运用生命科学的新成就, 定向设计构建具有特定性状的新物种, 打破生物的种、属、科、目、纲、乃至动植物与微生物之间不可交配的界限, 已经不是人类的一种空想, 按照人们意愿塑造更多的新物种和新品种将成为现实。也就是说, 实现生物之间的“大跨度交融”, 引起新的产业革命, 产生

新的领域，导致人类生活方式和社会结构向更高更合理的层次方向发展。

农业是现代生物技术应用最广阔、最活跃、最富有挑战性的领域。农业科学通过与生物科学的交融、更新和拓展，从理论、方法、技术手段上加速更新我国传统的农业科学及基础学科（如遗传学、育种学、土壤肥科学、作物栽培学、畜禽饲养等）；发展已经形成的交叉学科（如农业生物学、农业生理学、农业气象学、农业工程学等）；促进农业新的分支边缘学科体系的构建（如农业生物工程学、农业能源学、农业信息学、核农学、太空农学等），从而在学科分化和综合的基础上，从整体水平、学科结构、应用领域方面把我国农业科学推向一个新的发展阶段。

生命科学的发展与创新，将促进农业由传统的资源依附型向现代智能依附型的发达产业转变，将加速陆地农业和农业科学的发展，并在 21 世纪加速向海洋领域拓展，出现大规模的海洋农（牧）场，实现“海洋农牧化”，并相应发展海洋农业科学，使“绿色革命”与“蓝色革命”互相交融。同时，伴随着航天事业的发展，具有一定规模的太空农业和太空农业科学可望诞生。陆地、海洋、太空三大农业系统互相交融和促进，将构成 21 世纪农业和农业科技进步的系统格局。

发展生物技术产业，除合理开发和利用现有农业生物资源外，还可以利用生物技术开辟新的生物资源，更好地为人类服务。通过工厂化微生物工程的发展，将形成非绿色植物的、不污染环境的新型农业及其产业，研究开发可更新纤维素、工农业废气、废液、废渣，建立单细胞蛋白工业及海藻生物技术产业等。生命科学、农业科学与众多的现代科学交融，在深度与广度上拓展农业科学、创新农业科学，使农业科学出现崭新的面貌——新的学科基础、新的内涵、新的知识体系、新的管理形式和新的产业化目标。

三、21 世纪农业科学技术的主要新领域^①

生物技术的发展及其在生产中的广泛应用为农业科学技术的研究开拓了新的领域：

1. 新物种塑造。主要运用生物技术、核技术、光电技术和农业常规育种技术结合，综合不同的优良性状，按人类需要有选择地定向塑造新的物种和类型，丰富生物多样性，提高生物抗逆性，并充分利用固氮微生物和藻类，丰富和充实作物营养综合体系内涵。

2. 新快速繁育技术应用。即利用植物细胞的全能性，通过无性繁殖途径，发展人工种子制造产业；利用胚胎移植和分割技术，发展动物胚胎生产、贮存、运输与利用的新兴产业；利用动物的生长激素基因转移技术，加快畜禽性别鉴定技术，进行定向繁育和饲养等，21 世纪都将实行产业公顷。

3. 新农业工厂构建。21 世纪农业工厂化生产随着现代农业科学技术、计算机技术和材料科学等的发展和综合运用，将有长足发展，将实现人工创造环境、全过程自动化养殖，建立起技术高度密集的工厂化、自动化生产体系。

4. 新人造食品和饲料生产。开发产单细胞蛋白资源，生产高蛋白饲料与食品，利用微生物发酵处理秸秆生产饲料，开发植物叶片资源，生产可用作饲料和食品添加剂的营养价值高、可消化率高的叶蛋白，利用生物技术培育新菌种，加快氨基酸发酵的利用，大规模生产不同用途的氨基酸等，将成为 21 世纪的农业新产业。

^① 参照蒋建平、王东阳《未来的农业科学与产业化趋势》[中国科学院院刊 1995 (1)]

5. 新能源开发。面对能源短缺与危机,21 世纪利用生物量发展新能源产业将成为可能。种植开发“绿色能源”,除薪炭林外,重点利用多年生和一年生植物及藻类,生产酒精和石油代用品。如用糖密发酵生产酒精,培育“能源甘蔗”专用于酒精发酵;利用谷类生产乙醇和利用大量的作物秸秆来生产沼气、乙醇,部分代替石油等。

6. 新的空间领域拓展。像对待地力一样提高“海力”,促进水产养殖、增殖向集约化、农牧化方向发展,营造“海洋农场”、“海洋牧场”、“海洋林场”,实现蓝色革命。还可将航天科学与农业科技相结合,发展太空农业。近年来,我国把水稻、蕃茄的种子送入太空,出现了显著变异,如稻穗变长、籽粒变大、抗逆性增强等,这有助于加速品种选育进程,丰富资源,在 21 世纪将形成新的产业。

四、结 论

(一) 从世界范围看,继人工耕种、整套机械代替马拉农具、现代先进技术代替传统技术之后,21 世纪农业将出现第三次革命。其特点和内涵是:在深入揭示生物生命奥秘的基础上,通过农业科学与生命科学等更多学科的交融,从深度与广度上大大推进农业科学的更新与拓展,并以技术创新为先导,促进新产业的形成与发展。在这一革命性变革中,生物技术将起着突出的重大作用,并在未来 30~40 年中走向成熟与大规模应用。

(二) 未来农业生物技术产品市场广阔,竞争激烈。据日本预测,2000 年世界生物技术产品市场达 3925 亿美元,其中农业占 55.2%。为了迅速占领 21 世纪生物高新技术的制高点,欧、美、日等发达国家不断增加投资力度。据美国国家科学技术委员会于 1995 年发表的《21 世纪的生物技术:新前沿》报告称:美国联邦政府今后将增加农业生物技术、环境生物技术、制造与生物加工、海洋生物技术与水产养殖的研究投资,掀起生物技术研究的“第二浪潮”;日本 1990 年 3 月举行了“DNA 产业群”发展圆桌会议,认为该产业群可从现在的约 1 万亿日元扩大到 2010 年的 10 万亿日元;德国制定了“2000 年生物技术”计划,政府决心要使德国成为欧洲生物技术第一强国。

(三) 以“进行一次农业新科技革命”为契机,90 年代以来,发达国家均出台了更有针对性和挑战性的科技振兴政策,力图在研究开发、科技设施建设和人力资源开发等方面展开全面的、新的较量,在发展“知识经济”、“智力经济”方面一比高低。知识经济渐成气候,已成为现实。人力资本和技术已成为知识经济增长的主要推动力,高技术产品生产和服务部门已成为知识经济的支柱,强大的科学系统已成为知识经济的坚强后盾。在经合组织的主要成员国里,知识经济已占国内生产总值的 50%左右。随着知识经济的成长,国家创新系统举足轻重,需要基础设施和激励措施来促进对研究和培训的投资,增进知识扩散,提高人力资本的质量。

(四) 新世纪的科学技术发展,不仅在解决人类生存与发展诸多问题中起关键作用,而且决定着一个国家、一个民族的全面振兴。中国作为世界上人口最多的发展中国家和世界文化摇篮之一的文明古国,要摆脱近代以来的落后状态,迎头赶上并超过发达国家,必须不失时机地、有远见地把握进行一次农业新科技革命及其产业化,在战略部署和对策上采取得力措施,超前筹划,通过对生物技术、食品制造技术、信息技术和现代管理技术等大型科技经济一体化项目的实施,实现现代农科教的结合和大合作,促进农业大科学的发展、农业技术的大组装,和农业大市场的形成。

农业生物技术的蓬勃发展，展现了农业发展的广阔前景。小平同志讲得好：“将来农业问题的出路，最终要由生物工程来解决，要靠尖端技术。”这一精辟的论断，为我国农业新技术革命指明了方向。可以预料，伴随着高新技术在农业领域的广泛应用，我国农业必将迎来一个快速发展的新时期。

走向 21 世纪的中国呼唤新的农业科技革命

程 序

农业部教育司司长、农业部科学技术委员会秘书长、委员

提要 在即将过去的这个世纪里，发达国家和部分发展中国家都经历了一至两次农业科技革命。特别是包括中国在内的部分发展中国家在七、八十年代进行的“绿色革命”，取得了显著提高粮食生产能力的重大进展，从而促成了全球粮食年均增产速率始终高出人口的年均增长率。本文全面而深入地总结了上一次全球性农业科技革命的成功经验以及教训，尤其是发展中国家的“绿色革命”的成就及存在的问题和发达国家上一次农业革命的共同特点，得出了需要经过长期的科学和技术发展的准备；通过立法手段确保科研的优先地位和资金投入，为农业科研的发展创造有利的环境、政策条件；努力促进和提高农民采用新技术、提高产量、质量和效益的积极性，是农业科技革命能够真正取得实效的前提；需要强有力的组织下的多学科专家协力攻关等带有普遍性的规律。最后论述了中国如何迎接新的农业科技革命。先是对新的农业科技革命的基本态势作出了任务艰巨、难度极大，依靠我们自己推进和有一定的“跨越”内容这几个估计和判断，然后针对我国农业科技与教育的现状，提出了在迎接新的农业科技革命中，做好应有的准备过程中应采取的策略。

关键词 农业科技革命 农业革命 绿色革命 成就 问题 策略

1996年9月，江泽民总书记指出：“中国的农业问题、粮食问题，要靠中国人自己解决。这就要求我们的农业科技必须有一个大的发展，必然要进行一次新的农业科技革命”。今年5月他在中央党校发表重要讲话中再一次提出，科学技术能否取得突破性进展，是关系到在我国向第三步战略目标迈进的关键时期内，能否成功地建立起社会主义市场经济体制，以及能否保持国民经济持续快速健康发展两个关键性课题的前提之一。我国即将进入21世纪，面临着要加快实现工业化、保证在下世纪四十年代达到中等发达国家的水平的重大任务。农业会不会拖工业化快速发展的后腿；在人均资源持续减少的情况下，能否实现粮食和农产品基本自给。回答这些问题，只能是按邓小平同志早就指出的那样，农业“最终可能是科学解决问题”。

在即将过去的这个世纪里，发达国家和部分发展中国家都经历了一至两次农业科技革命。特别是包括中国在内的部分发展中国家在七、八十年代进行的“绿色革命”，取得了显著提高粮食生产能力的重大进展；从而促成了全球粮食年均增产速率始终高出人口的年均增长率。全面而深入总结上一次全球性农业科技革命的成功经验以及教训，实事求是地分析我们目前的农业和农业科技国情，对我们酝酿和准备新的农业科技革命，具有极其重要的意义。

上一次全球农业科技革命的历史经验

受到战时农产品需求及第二次世界大战战后重建经济和工业化高速发展对农产品需求的拉动，发达国家在本世纪三十年代至七十年代，经历了以科技突破、农民素质提高和完